

LINE OF SIGHT DIRECTION DETECTION APPARATUS FOR VEHICLE

Publication number: JP7159317

Publication date: 1995-06-23

Inventor: SAITO HIROSHI; ISHIWAKA TAKUO

Applicant: NISSAN MOTOR

Classification:

- international: **A61B3/113; G01N21/27; G01N21/35; G02B27/02; A61B3/113; G01N21/25; G01N21/31; G02B27/02; (IPC1-7): G01N21/35; G01N21/27; G02B27/02**

- european:

Application number: JP19930339681 19931206

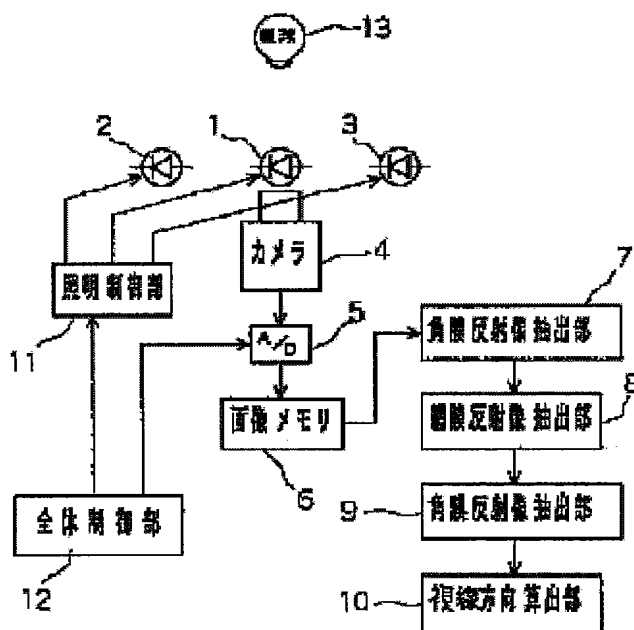
Priority number(s): JP19930339681 19931206

Report a data error here

Abstract of JP7159317

PURPOSE: To expand the measurable range of a line of sight direction in a line of sight direction detection apparatus.

CONSTITUTION: A retina-imaged output from a camera 4 by a coaxial illuminator 1 which is coaxial with the optical axis of the camera 4 and which casts invisible light on an eyeball 13 and by non-coaxial illuminators 2, 3 is A/D converted, and it is stored in an image memory 6 as image data. On the basis of the image data, a cornea-reflected image by the coaxial illuminator is extracted by a first cornea-reflected-image extraction part 7, and a pupil center is computed by a retina-reflected-image extraction part 8. Cornea-reflected images by the non-coaxial illuminators in a plurality are extracted by a second cornea-reflected-image extraction part 9, and a reflected image which is closest to the retina-reflected image by the coaxial illuminator is selected out of the retina-reflected images in a plurality. A line of sight direction is computed and output by a line of sight direction computation part 10 on the basis of the cornea-reflected image by the coaxial illuminator, of the pupil center and of the selected cornea-reflected image by the non-coaxial illuminators. Thanks to the non-coaxial illuminators from a plurality of positions, a measurable range is made wide, and the accuracy of a measurement is enhanced.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2988235号

(45)発行日 平成11年(1999)12月13日

(24)登録日 平成11年(1999)10月 8 日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

A 6 1 B 3/113

A 6 1 B 3/10

B

請求項の数 4 (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平5-339681

(22)出願日 平成 5 年(1993)12月 6 日

(65)公開番号 特開平7-159317

(43)公開日 平成 7 年(1995) 6 月23 日

審査請求日 平成 9 年(1997)12月22日

(73)特許権者 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地

(72)発明者 斎藤 浩

神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日

産自動車株式会社内

(72)発明者 石若 卓夫

神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日

産自動車株式会社内

(74)代理人 弁理士 菊谷 公男 (外 3 名)

審査官 北川 清伸

(56)参考文献 特開 平 2 -213322 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁶, D B 名)

A61B 3/113

(54)【発明の名称】 車両用視線方向検出装置

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】 運転者の眼球に不可視光を照射しカメラにより該眼球からの反射像を撮像して運転者の視線方向を検出する視線検出装置において、
カメラの光軸と照射方向が一致する共軸系照明と、
前記カメラのレンズ中心に対して点対称な位置に配置された複数の非共軸系照明と、
前記各照明毎の画像データを格納する画像メモリと、
前記画像データの演算により共軸系照明の角膜反射像を抽出する第 1 の角膜反射像抽出部と、
前記共軸系照明の画像データより網膜反射像を抽出して瞳孔中心を算出する網膜反射像抽出部と、
前記画像データの演算により複数の非共軸系照明の各角膜反射像を求めそこから前記共軸系照明の角膜反射像に最も近接した角膜反射像を抽出する第 2 の角膜反射像抽

2

出部と、

前記第 1 の角膜反射像抽出部によって抽出した共軸系照明の角膜反射像と第 2 の角膜反射像抽出部によって抽出した非共軸系照明の角膜反射像とから角膜球中心を算出し、該角膜球中心と瞳孔中心とを結ぶ方向を運転者の視線方向として算出する視線方向算出部とを有することを特徴とする車両用視線方向検出装置。

【請求項 2】 前記複数の非共軸系照明は、同時点灯するものであることを特徴とする請求項 1 記載の車両用視線方向検出装置。

【請求項 3】 運転者の眼球に不可視光を照射しカメラにより該眼球からの反射像を撮像して運転者の視線方向を検出する視線検出装置において、
カメラの光軸と照射方向が一致する共軸系照明と、
前記カメラのレンズ中心に対して点対称な位置に配置さ

れた複数の非共軸系照明と、
 前記各照明毎の画像データを格納する画像メモリと、
 前記画像データの演算により共軸系照明の角膜反射像を抽出する第1の角膜反射像抽出部と、
 前記共軸系照明の画像データより網膜反射像を抽出して瞳孔中心を算出する網膜反射像抽出部と、
 前記画像データの演算により複数の非共軸系照明の各角膜反射像を抽出する第2の角膜反射像抽出部と、
 前記第1の角膜反射像抽出部によって抽出した共軸系照明の角膜反射像と第2の角膜反射像抽出部によって抽出した非共軸系照明の各角膜反射像とによって複数の角膜球中心を算出し、各角膜球中心と瞳孔中心とを結ぶ複数の視線方向を算出し、各視線方向がともに左右いずれかに同方向の場合は前記共軸系照明と前記同方向側の非共軸系照明に基づいて算出された視線方向を運転者の視線方向として出力する視線方向算出部とを有することを特徴とする車両用視線方向検出装置。

【請求項4】 前記視線方向算出部は、前記各角膜球中心と瞳孔中心とを結ぶ各視線方向が互いに左右に異なる場合はその平均方向を算出して運転者の視線方向として出力するものであることを特徴とする請求項3記載の車両用視線方向検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、車両運転者の視線方向を非接触で計測してスイッチ操作等のインターフェースに利用する車両用視線方向検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来のこの種の視線方向検出装置として、例えば特開平2-134130号公報に開示されているものがある。これは照明光源とカメラによって人間の角膜球を撮像して、光源の反射光の座標とカメラの座標を結び、角膜球の中心を通る直線の式を求めるとともに、同時に瞳孔の中心座標を求める2つの作業を、2組の照明光源およびカメラのセットにより行い、角膜球の中心座標と瞳孔の中心座標とを結ぶ直線を視線方向として3角測量法により検出するようにしている。

【0003】 図13はこの従来の視線方向検出装置の説明図であり、特開平2-134130号公報の「非接触視線検出装置」に記載された実施例中、カメラ1台に関する部分を抜粋して示したものである。近赤外光を発する光源101から眼球103へ照射された光が、角膜表面で正反射した像（角膜反射像）を情報としてカメラ102により捕捉している。このときの正反射点Pは、黒目部分に相当するA1-A2の間になければならない。これは正反射点PがA1-A2の外側つまり白目上にある時は、反射面が滑らかでないために拡散して反射像が広がりを持ち、形の不規則な反射像になって像の位置特定ができなくなるからである。正反射点PがA1-A2間にあれば、角膜反射像はハッキリとした輝点とな

り位置特定が確実にできる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、このような従来例においては、眼球103へ照射する光源101が1台のカメラ102について1個であるため、光源101の正反射点PがA1-A2の間にあって、かつ図示していない第2のカメラ用の光源の正反射点もA1-A2の間にあるときのみ視線方向の算出が可能であり、視線方向の計測可能範囲が非常に狭いという問題があった。したがって本発明は、上記従来の問題点に鑑み、カメラによる視線方向の計測可能範囲を広げ、計測精度を向上させた車両用視線方向検出装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、請求項1に記載の本発明は、運転者の眼球に不可視光を照射しカメラにより該眼球からの反射像を撮像して運転者の視線方向を検出する視線検出装置において、カメラの光軸と照射方向が一致する共軸系照明と、カメラのレンズ中心に対して点対称な位置に配置された複数の非共軸系照明と、各照明毎の画像データを格納する画像メモリと、画像データの演算により共軸系照明の角膜反射像を抽出する第1の角膜反射像抽出部と、共軸系照明の画像データより網膜反射像を抽出して瞳孔中心を算出する網膜反射像抽出部と、画像データの演算により複数の非共軸系照明の各角膜反射像を求めそこから共軸系照明の角膜反射像に最も近接した角膜反射像を抽出する第2の角膜反射像抽出部と、第1の角膜反射像抽出部によって抽出した共軸系照明の角膜反射像と第2の角膜反射像抽出部によって抽出した非共軸系照明の角膜反射像とから角膜球中心を算出し、その角膜球中心と瞳孔中心とを結ぶ方向を運転者の視線方向として算出する視線方向算出部とを有するものとした。

【0006】 また、請求項3に記載の本発明は、上記構成のうち、第2の角膜反射像抽出部で角膜反射像を選択するかわりに、複数の非共軸系照明の各角膜反射像をすべて抽出するものとし、視線方向算出部ではこの複数の非共軸系照明の各角膜反射像と共軸系照明の角膜反射像とから複数の角膜球中心を算出し、各角膜球中心と瞳孔中心とを結ぶ複数の視線方向を算出し、この各視線方向がともに左右いずれかに同方向の場合は前記共軸系照明と前記同方向側の非共軸系照明に基づいて算出された視線方向を運転者の視線方向として出力するものとした。

【0007】

【作用】 請求項1のものは、共軸系照明と複数の非共軸系照明による運転者の眼球の画像データを画像メモリに格納しておき、第1の角膜反射像抽出部において画像データの演算から共軸系照明の角膜反射像を抽出し、網膜反射像抽出部で瞳孔中心を算出する。また第2の角膜反射像抽出部においては画像データの演算から複数の非共

軸系照明の角膜反射像を抽出し、抽出した非共軸系照明の複数の角膜反射像中より共軸系照明の角膜反射像に最も近接した角膜反射像を選択する。視線方向算出部では共軸系照明の角膜反射像と非共軸系照明の選択された角膜反射像とを用いて角膜球中心を算出し、角膜球中心と瞳孔中心とを結ぶ方向を視線方向として算出する。複数位置からの非共軸系照明により計測可能範囲が広くなるとともに、共軸系照明の角膜反射像に最も近接した非共軸系照明の角膜反射像の選択により、計測精度が向上する。

【0008】請求項3の発明では、第2の角膜反射像抽出部での選択を行わず非共軸系照明の角膜反射像すべてを抽出出力し、視線方向算出部ではこの複数の非共軸系照明の各角膜反射像と共軸系照明の角膜反射像による複数の各角膜球中心と瞳孔中心より各視線方向を算出する。そして、各視線方向がともに左右いずれかに同方向の場合には前記共軸系照明と前記同方向側の非共軸系照明に基づいて算出された視線方向を運転者の視線方向とする。

【0009】

【実施例】図1は本発明の車両用視線方向検出装置の実施例を示すブロック図である。運転者の眼球13を撮像するよう計器盤上にCCD等を用いたカメラ4が設置される。カメラ4のレンズの前面にカメラ4の光軸と照射方向が一致するように取り付けられた近赤外LED等からなる共軸系の第1の照明1が設けられる。また、カメラ4の左右対称位置にはカメラ4の光軸と照射方向が一致しない近赤外LED等からなる非共軸系の第2の照明2と第3の照明3とが設けられている。カメラ4からの撮像出力はA/D変換器5で画像データとしてA/D変換され、画像メモリ6に格納される。画像メモリ6には第1の角膜反射像抽出部7が接続され、これに順次網膜反射像抽出部8、第2の角膜反射像抽出部9、視線方向算出部10が接続されている。

【0010】第1の角膜反射像抽出部7では、画像メモリ6に格納された各画像データの差分演算により照明1の角膜反射像が演算抽出される。網膜反射像抽出部8は同じく照明1による画像データより網膜反射像を抽出し、さらに瞳孔中心を演算抽出する。第2の角膜反射像抽出部9では、画像メモリ6に格納された各画像データの差分演算を基に、上記照明1の角膜反射像を中心とする照明2、照明3の角膜反射像を演算抽出するとともに、抽出した照明2、3の各角膜反射像と白目反射像を識別する。

【0011】そして視線方向算出部10において、上記第1の角膜反射像抽出部7により抽出した照明1の角膜反射像、網膜反射像抽出部8により抽出した瞳孔中心、および第2の角膜反射像抽出部9により抽出した照明2または3の角膜反射像に基づいて、瞳孔中心と角膜球中心を結ぶ直線方向として運転者の視線方向が演算特定さ

れる。各照明1、2、3にはその発光を制御する照明制御部11が接続されており、この照明制御部11、A/D変換器5を含み、装置全体の動作を制御する全体制御部12が設けられている。

【0012】図2は上述した視線方向検出装置を用いた車両の視線スイッチシステムの全体構成を示し、図3はその車載レイアウトを示す。図2において、図1に示した視線方向検出装置が20で示されている。視線方向検出装置20には視線停留判断部23を介してHUD（ヘッドアップディスプレイ）表示制御部24が接続されている。HUD表示制御部24にはステアリングスイッチ22、HUD表示部25およびコントローラ切り替え部27が接続されている。

【0013】いま、メインスイッチ21が押されるとシステムがONして、視線方向検出装置20の視線方向算出部10から運転者の視線方向が出力される。視線停留判断部23は出力された運転者の視線方向が、エアコン、ワイパーなどの各操作対象項目（エリア）を表示する視線スイッチエリア26のどのエリアを指しているかを判断する。

【0014】視線スイッチエリア26上の運転者が注視しているエリアが決定されると、HUD表示制御部24はHUD表示部25上に決定されたエリアの内容を表示するとともに、コントローラ切り替え部27によりエアコンコントローラ28、CDコントローラ29、ラジオコントローラ30、定速走行装置コントローラ31、ヘッドライトコントローラ32、あるいはワイパーコントローラ33を選択する項目切り替えを行う。続いて、ステアリングスイッチ22からのユーザ入力判断による所定の制御対象の制御が行われる。

【0015】図3に示されるように、メインスイッチ21とステアリングスイッチ22はステアリング42に取り付けられる。また、照明1、カメラ4、照明2、照明3等が運転席前方の計器盤ボード内パネルに設置され、ウインドシールド41上にHUD表示部25と視線スイッチエリア26が設定されている。視線スイッチエリア26はさらに、図4の(a)にその詳細を示すように、各種コントローラの名称がHUD表示されているものである。また、同図の(b)にはステアリングスイッチ22の詳細が示されている。

【0016】つぎに動作について説明する。図5、図6は図1に示す視線方向検出装置における処理の流れを示す。システムがONし全体制御部12の制御が開始されると、まず照明制御部11による照明制御信号により照明1が点灯され、照明2と照明3が消灯される。そして、カメラ4により図5のS-50に示す共軸系の照明1による眼球像、角膜反射像が撮像される。

【0017】一般的に角膜反射像とは、図7の角膜反射像生成の説明図に示すように、カメラ4で眼球を撮像すると、角膜表面での正反射光が捕捉され輝点として角膜

反射像が観測される。カメラと非共軸の照明2または照明3で照明したときには、角膜を構成する球（中心をOとする角膜球）上の点Pで正反射が発生し、点Rに虚像の角膜反射像が発生する。また、照明1の場合のようにカメラ4と共軸系に配置した場合は、これらの点は同一線上に乗りP'、R'、Oのようになり、カメラ4上の角膜反射像位置と照明1の位置（カメラの焦点位置）を結ぶ直線上に角膜球中心Oが存在することになる。

【0018】このようなカメラ4による照明1の角膜反射像を含む撮像出力が、A/D変換器5によりA/D変換され、画像データI(x, y)として画像メモリ6に格納される。つぎに照明制御部11の照明制御信号により、照明1にかわって照明2、3が同時点灯される。このときのカメラ4の撮像出力が同様にA/D変換器5によってA/D変換され、図5のS-51に示す画像データJ(x, y)として画像メモリ6に格納される。

【0019】第1の角膜反射像抽出部7において、画像メモリ6の格納データを読み出し、画像データの論理演算処理として合成演算の手法により差分演算

$$|I(x, y) - J(x, y)|$$

を行う。演算の結果、最も明るく大きな値を有する点(x0, y0)を、図5のS-52に示すように照明1の角膜反射像として抽出する。続いて、網膜反射像抽出部8において、画像データI(x, y)より網膜反射像を抽出する。

【0020】ここで、図8はモデル化された一般的な眼球構成を示す図であり、共軸系の照明1の場合、瞳孔を通過した光束が網膜上で反射し、カメラ4に明るく映し出される瞳孔領域を網膜反射像と呼び、網膜反射像の重心位置は瞳孔中心Qと一致する。カメラ4のCCD上の上記重心位置とカメラ焦点を結ぶ直線上に瞳孔中心Qは存在するものであり、角膜球中心Oと瞳孔中心Qを通過する直線が視線方向となる。なお、球Kは角膜球中心Oを中心としO-Q間距離4.2mmを半径とする球を、また球Hは正反射点Pを中心とする角膜球半径7.8mmによる球を表している。

【0021】この場合の網膜反射像の抽出は、図5のS-52に示される照明1の角膜反射像(x0, y0)の回りに縦m×横n画素のウインドウを設定して、このウインドウ内において「しきい値Th1」により2値化し、抽出された領域を、S-53に示すように網膜反射像とし、さらに、抽出した網膜反射像の領域の重心座標(xG, yG)を算出して、これを瞳孔中心αとして抽出する。

【0022】つぎに第2の角膜反射像抽出部9において、画像データJ(x, y)から照明2、3の角膜反射像を抽出する。今度は図5のS-54に示すような差分演算

$$|J(x, y) - I(x, y)|$$

を行う。そしてS-55に示すように、差分結果に対

し、先の点(x0, y0)の回りに縦m'×横n'画素のウインドウを設定する。この場合の(m'×n')は照明1の角膜反射像(x0, y0)を中心として、照明2と照明3の角膜反射像の存在候補領域を限定するためのものである。このウインドウ(m'×n')内を「しきい値Th2」により2値化して、Th2より高い階調値を有する領域を照明2、3の角膜反射像として抽出する。

【0023】S-55における角膜反射像抽出処理の結果としては、次の各ケースが生じ得る。

- (1) 照明2の角膜反射像のみ抽出
- (2) 照明3の角膜反射像のみ抽出
- (3) 照明2と照明3の角膜反射像をともに抽出
- (4) 照明2の角膜反射像と照明3の白日反射像を抽出
- (5) 照明3の角膜反射像と照明2の白日反射像を抽出

【0024】これら各ケースの識別処理は、まず先に行った(m'×n')ウインドウ内のみ「しきい値Th2」により2値化した結果に対し、ラベリング（各領域のナンバリング）を行い、ウインドウ内に存在する領域の数により分類して行なわれる。

(イ) 領域が唯一つであるとき

この場合は図6のS-56に示すように、カメラレンズを介して撮像し画像処理によって抽出した領域が1つであるから、上に掲げたケース(1)か、ケース(2)の場合に相当する。

【0025】ケース(1)と(2)の識別は、領域の重心座標(xg, yg)を求めて、ウインドウ内の照明1の角膜反射像(x0, y0)と左右の照明2、3の角膜反射像(xg, yg)の座標値から、

$$xg \geq x0$$

ならケース(1)の照明2の角膜反射像と判定し、

$$xg < x0$$

ならケース(2)の照明3の角膜反射像と判定識別する。

【0026】(ロ) 領域が2つあるとき

この場合は、S-57に示すように、各領域の重心座標(xg, yg)と、さらに領域面積Sも求める。どちらの領域の面積Sも像抽出用の「しきい値面積Sth」より小さい場合には、両方とも角膜反射像であるから、ケース(3)の照明2、3の角膜反射像をともに抽出しているものと判定する。

【0027】また、どちらか一方の領域の面積Sが「しきい値面積Sth」より小さくて他方が大きい場合で、かつ面積Sが小さい領域の座標が、

$$xg \geq x0$$

ならケース(4)の場合に該当し、

$$xg < x0$$

ならケース(5)の場合に該当するものと判定する。

【0028】ケース(3)の場合の具体的処理は、まず照明2、3による角膜反射像領域それぞれの重心座標を

(x_{g1}, y_{g1}) 、 (x_{g2}, y_{g2}) として、両方の領域とも

面積 $S < \text{しきい値面積} S_{th}$

であるから、計測精度上より照明1の角膜反射像 (x_0, y_0) に最も距離が近い領域、すなわち「最小の $(x_0 - x_{gi})$ 」を与える「i」を求める。但し、「i」はこの場合1、2どちらかとなる。求められた x_{gi} が、

$x_{gi} \geq x_0$

ならケース(1)として処理し、

$x_{gi} < x_0$

ならケース(2)として扱い、視線方向の算出が行われる。

【0029】また、どちらか一方の領域の面積 S が「しきい値面積 S_{th} 」より小さく他方が大きいケース

(4)、ケース(5)の場合は、小さい方の領域の座標が、

$x_{gi} \geq x_0$

ならケース(1)として処理し、

$x_{gi} < x_0$

ならケース(2)として扱われる。

【0030】(ハ)領域が3つ以上複数あるとき

この場合は、図6のS-58に示すように、各領域の重心座標 (x_{g1}, y_{g1}) 、 (x_{g2}, y_{g2}) 、 (x_{g3}, y_{g3}) と、各領域面積 S を求め、「面積 $S < \text{しきい値} S_{th}$ 」の領域のうち、先に求めた照明1の角膜反射像 (x_0, y_0) に最も近い領域を探索する。探索した領域が、

$x_g \geq x_0$

ならケース(4)の場合に該当し、

$x_g < x_0$

ならケース(5)の場合に該当するものと判定する。

【0031】さらにこの場合は、各領域の重心座標を (x_{g1}, y_{g1}) 、 (x_{g2}, y_{g2}) 、 (x_{g3}, y_{g3}) …より、 (x_0, y_0) との最短距離、すなわち「最小の $(x_0 - x_{gi})$ 」を与える「i」を求める。「i」はこの場合1、2または3のいずれかとなる。求められた x_{gi} が、

$x_{gi} \geq x_0$

ならケース(1)の処理、

$x_{gi} < x_0$

ならケース(2)の処理として扱われる。

【0032】以上で第2の角膜反射像抽出部9における抽出処理が終り、全てのケースが(1)の照明2の角膜反射像のみ抽出か、(2)の照明3の角膜反射像のみ抽出のケースに帰着処理できることになる。続いて視線方向算出部10による運転者の視線方向の算出処理に移る。

【0033】図9は図1に示す視線方向算出部10における視線方向の算出原理を示す説明図である。照明とカ

メラの光軸が一致している共軸系のとき、カメラ焦点 F_1 (=光源1の照明位置)とカメラ(CCD面上)上の角膜反射像 β を結ぶ直線は角膜球中心 O を通過する。したがって、角膜球中心 O は直線 $F_1 - \beta$ 上にある。また実際上の瞳孔中心 Q は、カメラ焦点(照明位置)とCCD画像上の瞳孔中心 α を結ぶ直線 $F_1 - \alpha$ 上にある。

【0034】カメラ4の焦点距離を f 、焦点位置を $F_1(0, 0, 0)$ とし、X軸、Y軸、Z軸のワールド座標系 $F_1 - XYZ$ を考え、非共軸系照明の光源2は F_2

(a, b, c)にあって照明光が角膜表面で正反射するものとする。その正反射点 P は、CCD面上の光源2による角膜反射像 δ とカメラ焦点 F_1 を結ぶ直線 $F_1 - \delta$ 上にある。すると、直線 $F_1 - \delta$ 上に仮正反射点 P を置き、角膜球半径である7.8mmの半径で球面 J を描けば、球面 J と直線 $F_1 - \beta$ の交点として角膜球中心 O の立体位置が定まる。角膜球中心 O と瞳孔中心 Q 間の距離は約4.2mmであり、上に決定された角膜球中心 O を中心とする半径4.2mmの球面 K と、直線 $F_1 - \alpha$ の交点として瞳孔中心 Q の立体位置が定まる。これにより、点 O と Q を結ぶ線が視線方向として求められる。

【0035】上述のように運転者の視線方向の算出については、共軸系照明の角膜反射像と、瞳孔中心と、非共軸系照明の角膜反射像とが定まれば視線方向が算出できるので、視線方向算出部10では次のように処理が行なわれる。

(1') 非共軸系は照明2の角膜反射像のみ抽出されている場合

照明1の角膜反射像と瞳孔中心、照明2の角膜反射像とから、視線方向を算出決定する。

(2') 非共軸系は照明3の角膜反射像のみ抽出されている場合

照明1の角膜反射像と瞳孔中心、照明3の角膜反射像とから、視線方向を算出決定する。

【0036】(3') 照明2、3の角膜反射像とも抽出されている場合

照明1の角膜反射像に対し、照明2または照明3の角膜反射像のうち距離が近い方を採用し、採用した方の重心座標を (x_g, y_g) として、

$x_g \geq x_0$

なら(1')の処理とし、

$x_g < x_0$

なら(2')の処理を行う。なお、前述のようにケース(4)の場合は(1')の処理とされ、ケース(5)の場合は(2')の処理となる。これで、運転者の視線方向の算出処理が終了する。

【0037】視線停留判断部23においては、視線方向算出部10で上述のようにして算出された視線方向が、視線スイッチエリア26のどのエリア(制御項目)を見ているかを判断する。この判断は、運転者が処理サイクルの一定回数連続して同一エリアを見ているか否かによ

って行なわれる。視線方向算出の1サイクルに400 msecを要するとすれば、例えば連続して2回として約0.8 secの注視時間をもって、同一エリアを注視しているものと判断する。

【0038】いま、視線停留判断部23において、運転者が図4の(a)に示す視線スイッチエリア26のエアコン・エリア(A/C)を注視していると判断すれば、その判断結果を受けてHUD表示制御部24により同図の(c)に示すようにHUD表示部25に現在のエアコン設定温度が例えば25℃と表示される。HUD表示部25にエアコン設定温度が表示されると、図4の(b)に示すように、ステアリング・スイッチ22のアップダウンボタンが設定温度の上下調整を行うように機能する。

【0039】運転者はHUD表示部25を見ながら、ステアリングスイッチ22のアップダウンボタンを操作して希望の設定温度にセットする。一定時間(例えば5秒間)アップダウンボタンが操作されない場合は、操作が終了したものと判断してスイッチ機能は全て停止する。再び運転者が何等かの操作を必要とし、メインスイッチ21を押すと再び上述の処理が繰り返される。

【0040】このような視線検出装置の計測可能範囲について考察すると、通常の模型眼のデータによれば、角膜球中心から黒目と白目の両境界までの角度は、左右66°づつとして合計約132°位になる。図10に示すように、カメラ4から眼球までの距離をD、照明1と照明3間の間隔をWとすれば、カメラ軸に対する視線方向の角度は、

$$\theta = 66 - \tan^{-1}(W/D)$$

である。例えば、

W=20cm、D=100cmのときは、 $\theta = 54.7^\circ$ 、

W=30cm、D=100cmのときは、 $\theta = 49.3^\circ$

となり、照明の間隔Wが小さいほど計測可能範囲は広がることが分かる。

【0041】図11は計測可能範囲の限界を示す概念図であり、従来例と本実施例の場合の計測可能範囲を比較して示している。前述のように共軸系照明の角膜反射像と、非共軸系照明の角膜反射像とが必要であるから、簡単のため照明光源の入射角を無視すると、計測可能範囲の限界は角膜球中心Oと黒目白目の境界を結ぶ直線が照明光源を通る位置により決定される。このため、同図の(a)のように、光源が1個しかない従来例では、光源と反対側で、限界直線S1を限界として黒目白目の境界をはずれるので計測可能範囲が狭くなる。これに対して本実施例では、(b)のように、対称な位置に複数の照明2、3を設置したことで、限界直線S2、S3がそれぞれカメラと眼球中心を結ぶ線に対して両側に描けることになって、計測可能範囲が広くなり、使用するカメラは1台であるにも関わらず計測精度が向上する。

【0042】つぎに図12は本発明の第2の実施例を示す。前実施例では、複数の非共軸系照明2、3で得られた複数の角膜反射像のうちから、第2の角膜反射像抽出部9において共軸系照明1で得られた角膜反射像に最も近い角膜反射像を選択して抽出し、これを用いて視線方向を算出するものとしたが、本実施例の角膜反射像抽出部9'では上記選択を行わない。そして、視線方向算出部10'において、各角膜反射像に基づいてそれぞれ視線方向を算出する。

【0043】ここでは、算出した各視線方向が図12においてともに眼球から右下方向、つまり運転者が左方向を見ているときは、照明1と運転者に向かって右側の照明3による画像に基づき算出した視線方向を選択して出力する。また算出した視線方向がともに図12において左下方向つまり、運転者が右方向を見ているときは、照明1と運転者に向かって左側の照明2による画像に基づき算出した視線方向を選択出力する。

【0044】さらに、各照明毎に算出した視線方向が右下方向および左下方向にマチマチに検出されるときは、両者の平均方向を算出して出力する。なお、照明2、3のいずれか一方の角膜反射像が観測されないときは、観測された角膜反射像と照明1の角膜反射像により視線方向を算出するものとする。上記において、角膜反射像はカメラで入力された画像上にその照明が配置してある順に並ぶから、どの反射像がどの照明によるものか簡単に識別される。その他の構成は図1に示された第1の実施例と同様である。

【0045】この実施例は以上のように構成されているから、運転者の視線の向きに即応追尾して視線している側の照明による像を採用することにより、視線方向計測の誤差要因が減少して計測精度がより向上する。なお、上記各実施例では非共軸系の照明が左右2個の場合について説明したが、これに限定されず、非共軸系の照明の個数をさらに多くすることにより、一層視線方向検出の分解能を上げることができる。

【0046】

【発明の効果】以上のとおり、本発明によれば、複数の非共軸系照明の角膜反射像から共軸系照明の角膜反射像に最も近接した角膜反射像を選択し、この選択された最適の角膜反射像と上記共軸系照明の角膜反射像とから算出した角膜球中心と瞳孔中心から視線方向を算出するものとしたので、視線方向の計測可能範囲が広がり、計測精度が向上するという効果を有する。また、非共軸系照明の複数の角膜反射像から1つを選択するのではなく、各視線方向を算出したうえで、各視線方向がともに左右いずれかに同方向の場合はその同方向側の非共軸系照明に基づいて算出された視線方向を運転者の視線方向として出力するようにした場合も、同様に計測精度が向上するという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1 1】計測可能範囲の限界を示す説明図である。

【図12】第2の実施例を示す図である。

【図 1 3】従来の視線検出装置の概略を示す図である。

【符号の説明】

1	共軸系照明
2、3	非共軸系照明
4	カメラ
5	A/D変換器
6	画像メモリ
7	第1の角膜反射像抽出部
8	網膜反射像抽出部
9	第2の角膜反射像抽出部
10	視線方向算出部
11	照明制御部
12	全体制御部

1 共軸系照明

2、3 非共軸系照明

4 カメラ

5 A/D變換器

6 画像×手11

7 第1の角膜反射像抽出部

8 網膜反射像抽出部

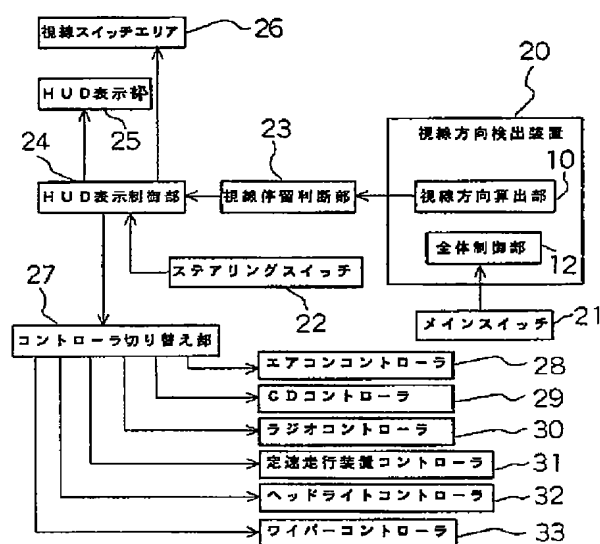
9 第2の角膜反射像抽出部

10 祖線方向簀出部

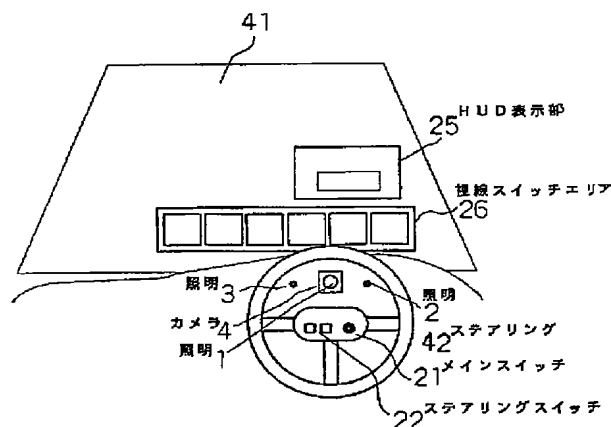
1 0	悦縁乃同昇
1 1	照明制御部

1 1	照明制御部
1 2	全体制御部

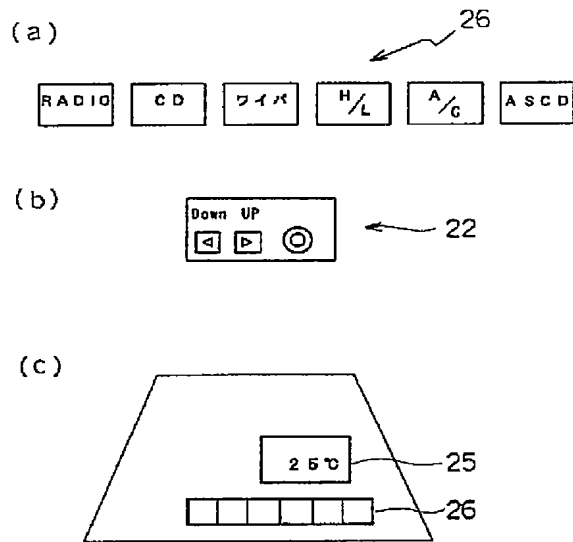
【図2】



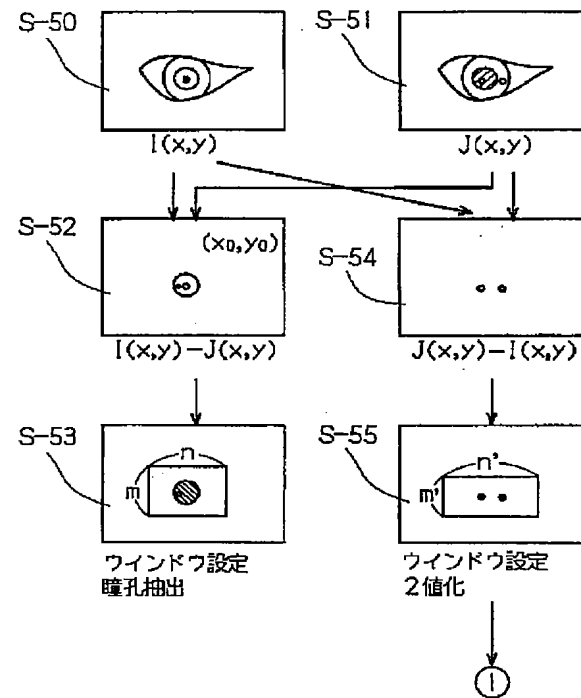
【図 3】



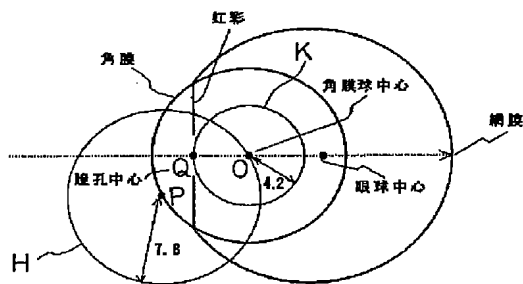
【図4】



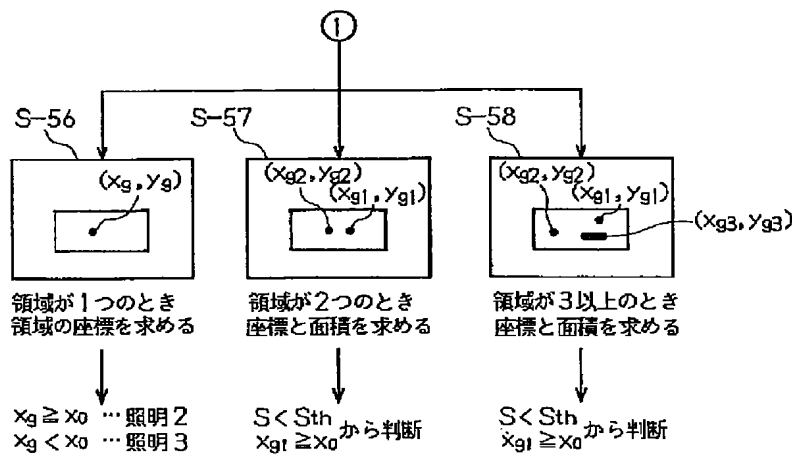
【図5】



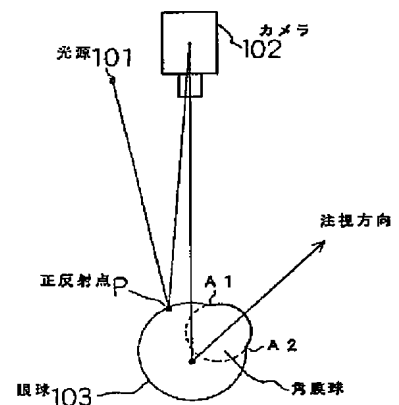
【図8】



【図6】



【図13】



【図12】

